Расчет тороидальных трансформаторов до 120 ватт.
Публикация в журнале "Радио" 1972 г. №3, инж. Г. Мартынихин.

Перед конструкторами радиоэлектронной аппаратуры часто ставится задача создания таких устройств, которые отличались бы небольшими размерами и минимальным весом. Практика показала, что лучше всего применять трансформаторы с тороидальным магнитопроводом. В сравнении с броневыми сердечниками из Ш–образных пластин они имеют меньший вес и габариты, а также отличаются лучшими условиями охлаждения обмотки и повышенным *кпд*. Кроме того, при равномерном распределении обмоток по периметру сердечника практически отсутствует поле рассеяния и в большинстве случаев отпадает необходимость в экранировании трансформаторов.
В связи с тем, что полный расчет силовых трансформаторов на тороидальных сердечниках слишком громоздок и сложен, приводим таблицу с помощью которой радиолюбителю будет легче произвести расчет тороидального трансформатора мощностью до 120 *вт.* Точность расчета вполне достаточна для любительских целей. Расчет параметров тороидального трансформатора, не вошедших в таблицу, аналогичен расчету трансформаторов на Ш–образном сердечнике.
Таблицей можно пользоваться при расчете трансформаторов на сердечниках из холоднокатаной стали Э310, Э320, Э330 с толщиной ленты 0,35 – 0,5 *мм.* и стали Э340, Э350, Э360 с толщиной ленты 0,05 – 0,1 *мм.* при частоте питающей сети 50 *гц.* При намотке трансформаторов допустимо применять лишь межобмоточную и наружную изоляции. Хотя межслоевая изоляция и позволяет добиться более ровной укладки провода обмоток, из–за различия наружного и внутреннего диаметров сердечника при ее применении неизбежно увеличивается толщина намотки по внутреннему диаметру. Для намотки тороидальных трансформаторов необходимо применять обмоточные провода с повышенной механической и электрической прочностью изоляции. При намотке вручную следует пользоваться проводами ПЭЛШО, ПЭШО. В крайнем случае можно применить провод ПЭВ–2. В качестве межобмоточной и внешней изоляции пригодны фторопластовая пленка ПЭТФ толщиной 0,01 – 0,02 *мм.,* лакоткань ЛШСС толщиной 0,06 – 0,12 *мм* или батистовая лента.

Пример расчета трансформатора**.**

Дано: напряжение питающей сети Uc = 220 *в*., выходное напряжение $Uн$ = 24 *в*, ток нагрузки $Iн$ = 1,8 *а*,
1. Определяют мощность вторичной обмотки:

$$P = U\text{н} \times I\text{н} = 24 \times 1{,}8 = 43{,}2 \text{ вт}$$

2. Определяют габаритную мощность трансформатора:

$$P\text{г} = \frac{P}{\eta} = \frac{43{,}2}{0{,}92} = 48 \text{ ватт}$$

Величину *кпд* и другие необходимые для расчета данные выбирают по таблице из нужной графы ряда габаритных мощностей.

Pг	wст$_1$	wст$_2$	S, $см^2$	Δ, $а/мм^2$	η, *кпд*
до 10	$\frac{41}{S}$	$\frac{38}{S}$	$\sqrt{P\text{г}}$	4,5	0,8
10 – 30	$\frac{36}{S}$	$\frac{32}{S}$	$\frac{\sqrt{P\text{г}}}{1{,}1}$	4,0	0,9
30 – 50	$\frac{33{,}3}{S}$	$\frac{29}{S}$	$\frac{\sqrt{P\text{г}}}{1{,}2}$	3,5	0,92
50 – 120	$\frac{32}{S}$	$\frac{28}{S}$	$\frac{\sqrt{P\text{г}}}{1{,}25}$	3,0	0,95

3. Находят площадь сечения сердечника:

$$S\text{расч} = \frac{\sqrt{P\text{г}}}{1{,}2} = \frac{\sqrt{48}}{1{,}2} = 5{,}8 \text{ см}^2$$

Примечание**.** Pг – габаритная мощность трансформатора, wст$_1$ – число витков на вольт для стали Э310, Э320, Э330, wст$_2$ – число витков на вольт для стали Э340, Э350, Э360,
S – площадь сечения сердечника, $см^2$,
Δ – допустимая плотность тока в обмотках, $а/мм^2$, η – *кпд* трансформатора.

4. Подбирают размеры сердечника Dc, dc и hc:

$$S = \frac{Dc - dc}{2} \times hc$$

Ближайший стандартный тип сердечника ОЛ50/80–40, площадь сечения которого равна:

$$S = \frac{8 - 5}{2} \times 4 = 6 \text{ см}^2$$

– что не менее расчетной 5,8 $см^2$.
5. При определении внутреннего диаметра сердечника должно быть выполнено условие: $dc \geq d'c$

$$d'c = \sqrt{2{,}4 \times S} = \sqrt{2{,}4 \times 6} = 3{,}8 \text{ см.}$$

то есть 5 ≥ 3,8.
6. Предположим, что выбран сердечник из стали Э320, тогда число витков на вольт определяют по формуле:

$$w\text{ст}_1 = \frac{33{,}3}{S} = \frac{33{,}3}{6} = 5{,}55 \text{ витков на вольт.}$$

7. Находят расчетные числа витков первичной и вторичной обмоток:

$$W_{1-1} = w\text{ст}_1 \times Uc = 5{,}55 \times 220 = 1221 \text{ виток.}$$
$$W_{1-2} = w\text{ст}_1 \times U\text{н} = 5{,}55 \times 24 = 133 \text{ витка.}$$

Так как в тороидальных трансформаторах магнитный поток рассеяния весьма мал, то падение напряжения в обмотках определяется практически лишь их активным сопротивлением, вследствие чего относительная величина падения напряжения в обмотках тороидального трансформатора значительно меньше, чем в трансформаторах стержневого и броневого типов. Поэтому, для компенсации потерь на сопротивлении вторичной обмотки, необходимо увеличить количество ее витков лишь на 3%.

$$W_{1-2} = 133 \times 1{,}03 = 137 \text{ витков.}$$

8. Определяют диаметры проводов обмоток:

$$d_1 = 1{,}13 \times \sqrt{\frac{I_1}{\Delta}}$$

где I_1 – ток первичной обмотки трансформатора, определяемый из формулы:

$$I_1 = 1{,}1 \times \frac{P_2}{Uc} = 1{,}1 \times \frac{48}{220} = 0{,}24\ a$$

$$d_1 = 1{,}13 \times \sqrt{\frac{I_1}{\Delta}} = 1{,}13 \times \sqrt{\frac{0{,}24}{3{,}5}} = 0{,}299 \text{ мм.} \quad d_2 = 1{,}13 \times \sqrt{\frac{I_1}{\Delta}} = 1{,}13 \times \sqrt{\frac{1{,}8}{3{,}5}} = 0{,}8 \text{ мм.}$$

Выбирают ближайший диаметр провода в сторону увеличения (0,3 *мм.*).

$$d_2 = 1{,}13 \times \sqrt{\frac{I_1}{\Delta}} = 1{,}13 \times \sqrt{\frac{1{,}8}{3{,}5}} = 0{,}8 \text{ мм.}$$

Трансформаторы, рассчитанные с помощью приводимой таблицы, после изготовления подвергались испытаниям под постоянной максимальной нагрузкой в течение нескольких часов и показали хорошие результаты.